به نام خدا

زلزله

و

آنچه باید بدانیم

کاری از: فیروز کردی

بنام خدا

زلزله و بلایای طبیعی همیشه بوده و هست و باید آمادگی مقابله با آن را کسب نمود. کشور عزیزمان ایران نیز به تعبیر زلزله شناسان روی خط فرضی زلزله قرار دارد و باید آنقدر توانمند و آماده باشیم که در رویارویی با آن، خود به دفاع برخیزیم. براستی چه باید کرد تا قدرت و توان مقابله با زلزله و محافظت از خود را داشته باشیم؟ ساختمانهای محکم و استاندارد، آموزشهای ایمنی لازم، .... و حتی تشکیل ستادهای ضد بحران میتواند ضریب اطمینان را دوچندان کند و البته ساخت و سازهای اصولی و مهندسی ساز و ... نیز سپر قدرتمندی در برابر زلزله خواهد بود.

- **در خصوص زلزله چه میدانید؟**
- **عوامل پیدایش و بروز زلزله چیست؟**
- **مقاوم سازی چیست و چگونه میتوان بنای مقاوم ساخت؟**
- **آیا محلی که در آن زندگی میکنید در برابر زلزله مقاوم است و اصولاً چگونه میتوان به این مطلب پی برد؟**
- **نکات مهم و قابل توجه در هنگام خرید و یا ساخت یک بنا در خصوص مسائل سازه ای چیست؟**
- **آیا پیش بینی وقوع زلزله امکان پذیر است؟**

به این نکته مهم توجه داشته باشید که با توجه به شرایط خاص زمین شناسی کشورمان، زلزله همواره با ما و در کنار ماست. پس تلاش کنیم که آنرا بهتر بشناسیم تا بتوانیم براحتی با آن مقابله کنیم.

مهندسی زلزله از جمله رشته های نوپا در گرایش مهندسی عمران است که طی یکی دو دهه اخیر توسعه فراوانی پیدا کرده و اساساً هدف آن تعیین روشها و دستورالعملهایی است که تلفات ناشی از زمین لرزه در ساختمانهای در دست طراحی و اجراءرا به حداقل برساند.

راستی به نظر شما منشأ پیدایش این نیروی عظیم خارق العاده چیست؟

کره زمین جسمی تقریباً کروی و به شعاع متوسط ۶۳۷۰ کیلومتر میباشد. اگر لایه های تشکیل دهنده زمین را به سه بخش (پوسته، گوشته و هسته) تقسیم هر چه از سطح زمین به سمت مرکز زمین یعنی هسته نزدیکتر شویم، فشار افزایش می یابد بگونه ای که فشار در مرکز زمین بمیزان ۳،۷۰۰،۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع (یعنی اینکه به یک قطعه به ابعاد یک در یک سانتی متر فشاری در حدود ۳،۷۰۰،۰۰۰ کیلوگرم وارد میشود) و دما به حدود ۳،۰۰۰ درجه سانتی گراد میرسد. برای مقایسه بهتر فشار مرکز زمین همین بس که بگوئیم فشار وارده به یک نقطه بتونی (یک در یک سانتی متر) که میتواند آنرا متلاشی کند (و معمولاً در طراحی ساختمانها بکار میرود) تنها ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع یعنی فشار در اطراف هسته زمین معادل ۱۰،۵۰۰ برابر تحمل فشاری بتون میباشد.

از میان نظریه های مختلفی که بعنوان عامل اصلی زلزله ارائه گردیده، نظریه **حرکات زمین ساخت صفحه ای** بیشترین مقبولیت را دارد. بر اساس این نظریه پوسته زمین (که ضخامت آن حدود ۳۰ کیلومتر است) از هفت صفحه اصلی که مساحت هر کدام از آنها صدها هزار کیلومتر میباشد تشکیل شده است. این صفحات عظیم بر روی گوشته زمین

(لایه زیر پوسته) به حالت شناور قرار دارد و نسبت به هم در حال حرکت هستند که عامل حرکت این صفحات نیز فشار و گرمای درون زمین میباشد. حاصل حرکت این صفحات عظیم پریدار شدن رشته کوههای عظیم (مثل رشته کوه هیمالیا، رشته کوه البرز، زاگرس و غیره) و همچنین گودالهای عمیق اقیانوسی میباشند و مرزهای این صفحات دارای پتانسیل لرزه خیزی فراوانی هستند. در واقع در اثر حرکت این صفحات انرژی در درون لایه های زمین ذخیره میگردد که اگر به یکباره این انرژی آزاد گردد، تکانها و لرزه هایی اتفاق می افتد که امواج ناشی از این لرزش به سطح زمین رسیده و ما آنرا بعنوان نیروی زلزله خیز میشناسیم.

سرعت انتشار امواج زلزله بطور متوسط حدود ۷ کیلومتر بر ثانیه یعنی معادل ۲۵،۲۰۰ کیلومتر بر ساعت بوده که معادل ۲۵ برابر سرعت حرکت هواپیما میباشد.

در یک جمله ساده میتوان نیروی زلزله را به فنر یک ساعت کوکی تشبیه کرد که اگر ساعت را آنقدر کوک کنیم که فنر آن تاب تحمل نداشته باشد در یک لحظه انرژی ذخیره شده در فنر بصورت ضربه به اطراف منتشر میشود.

گسل و رابطه آن با زلزله

گسلها، شکستگی هایی هستند که در لایه های تشکیل دهنده پوسته قاره ای ایجاد میشوند که در اثر این شکست، لایه ها نسبت به هم حرکت کرده و جابجا میشوند. شما میتوانید گسلها را بر روی زمین یا کوهها نیز مشاهده کنید ولی بخاطر داشته باشید که گسلهای درون زمین (که ما قادر به دیدن آنها نیستیم) ممکن است به عمق کیلومترها

در داخل زمین نفوذ کرده باشد. در واقع انرژی ذخیره شده در درون صفحات زمین از طریق گسلها به زمین انتقال می یابد.

پس طبیعی است که بگوئیم **در محلهائی که گسل وجود دارد احتمال وقوع زلزله نیز بیشتر از نقاط دیگر میباشد.**

چگونگی تولید زلزله توسط یک گسل بقرار زیر است:

۱- تغییر شکل (کرنش) انباشته شده در گسل به حد نهایی خود میرسد.

۲- لغزش در طول گسل اتفاق می افتد.

۳- یک جفت نیروی کششی-فاری بر گسل اعمال میشود.

٤- رها شدن نیرو باعث ایجاد امواج زلزله میگردد.

کانون و مرکز زلزله

نقطه ای در داخل زمین که زلزله از آن نشأت میگیرد را کانون زلزله میگویند و تصویر این نقطه بر روی سطح زمین را مرکز و فاصله این نقطه تا سطح زمین راعمق زلزله می خوانند. معمولاً عمق زلزله ها **بین** ۵ تا ۳۰۰ کیلومتری درون زمین بوده و زلزله های با عمق بیش از ۳۰۰ کیلومتر اثر ناچیزی بر سطح زمین دارد. طبیعتاً **هر چه عمق زلزله کمتر باشد قدرت تخریب آن نیز بیشتر خواهد بود.**

مقیاسهای سنجش زلزله

بمنظور بیان اندازه یک زمین لرزه معمولاً دو نوع مقیاس بکار میرود که یکی از آنها شدت زلزله میباشد که اساس آن بر مشاهدات و تاثیرات زلزله بر سازه و انسان استوار است و در حقیقت یک مقیاس نظری میباشد که بعنوان درجه بندی شدت **مرکالی اصلاح شده** معروف میباشد و دیگری یک اندازه گیری کمّی از گستردگی و وسعت عمل زلزله میباشد که بزرگی زلزله نامیده شده و بعنوان **مقیاس ریشتر** معروف میباشد.

مقیاس مرکالی اصلاح شده

این مقیاس با علامت اختصاری MM نمایش داده میشود و یک مقیاس نظری برای اثرات ناشی از تکان زمین است و مشتمل بر دوازده درجه میباشد که با اعداد یونانی I تا XII نشان داده میشود. در این طبقه بندی آثار زلزله بر اساس سه معیار اصلی زیر درجه بندی شده است:

الف- ادراک توسط بشر و تاثیر بر روی محیط

ب- اثر روی هر نوع ساختمان و سازه

ج- اثرات زیرزمینی و تغییرات آبهای زیرزمینی و سستم های آبهای روی زمینی.

لازم بذکر است این مقیاس بیشتر در کشورهای غربی استفاده دارد. در جدول ذیل شدت زلزله بر اساس مقیاس اصلاح شده مرکالی و توصیف ارائه گردیده است.

شدت مرکالی	توصیف زلزله
I	احساس نمیشود و فقط بوسیله دستگاهها ثبت میشود.
II	ضعیف و بوسیله افراد زیادی حس میشود.
III	ضعیف – توسط افراد زیادی در خانه احساس میشود. تکان خفیف همراه با لرزش شیشه ها
IV	توسط معدودی از افراد در محیط باز احساس میشود. نوسان خفیف اشیاء – صدای خفیف تکان
V	توسط تعداد زیادی از افراد در محیط باز احساس میشود – وسایل خانه نظیر میز و مبل جابجا میشوند – وسایل آویز نوسان میکنند.
VI	متوسط – بوسطه همه افراد احساس میشود – وسایل مهار نشده واژگون میشوند – خسارت اندک
VII	شدید – خسارت قابل توجه به ساختمانهای ضعیف وارد میشود.
VIII	خیلی شدید – بناهای یادبود واژگون میشوند – ریزش قسمتی از ساختمانها – پرتاب گل و لجن
IX	سنگین و خطرناک – ترسناک – خسارات قابل توجه – ترک زمین – لغزش زمین
X	مخرب – اکثر ساختمانهای مصالح بنایی و تعداد زیادی از ساختمانهای چوبی تخریب یا آسیب شدید می بینند. ترک های بزرگ در زمین بوجود می آید.

XI	تغییر مکان خطرناک و فوران آب و ایجاد سونامی
XII	تخریب کامل – تغییر مکان بزرگ گسلها – اشیاء و وسایل به هوا پرتاب میشوند.

مقیاس ریشتر

در واقع مقیاس ریشتر یک سنجش کمّی ازگستردگی و مقدار انرژی رها شده زلزله است. در جدول ذیل انرژی رها شده توسط زلزله های مختلف با انرژی حاصل از انفجار ***T.N.T*** مقایسه شده است.

همانطور که ملاحظه میکنید به ازای هر واحد افزایش بزرگی زلزله، انرژی معادل ***T.N.T*** بصورت قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. در واقع مبنای تعریف مقیاس ریشتر بر اساس توابع لگاریتمی در مبنای ده میباشد.

بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر	انرژی آزاد شده حاصل از انفجار T.N.T
۱	۱۸۰ گرم
۲	٦/٥ کیلوگرم
۳	۱۹۰ کیلوگرم
۴	٦ تن

۵	۱۹۹ تن
۶	٦،٢٧٠ تن
۷	۱۹۹،۰۰۰ تن
۸	٦،٢٧٠،٠٠٠ تن
۹	۱۹۹،۰۰۰،۰۰۰ تن

مثلاً اگر بزرگی زلزله به اندازه ۰/۲ ریشتر افزایش یابد، انرژی آزاد شده آن ۲ برابر میشود و اگر بزرگی آن به اندازه یک درجه فزونی یابد، انرژی آزاد شده تقریباً ۳۲ برابر میگردد. گستردگی خرابیها در یک زلزله بستگی به عمق کانون زلزله دارد. معمولاً یک زلزله با بزرگی ۵ ریشتر باعث خرابی در منطقه ای به شعاع تقریبی ۸ کیلومتر شده و زلزله ای با بزرگی ۷ ریشتر ممکن است در ناحیه ای به شعاع ۸۰ کیلومتر و زلزله ای با بزرگی ۸ ریشتر در ناحیه ای بیش از ۲۵۰ کیلومتر باعث خرابی شوند. (معمولاً زلزله های کمتر از ۵ ریشتر خسارات قابل ملاحظه ای ببار نمی آورند.) اگر مقایسه ای بین انرژی یک زلزله و یک انفجار هسته ای صورت گیرد، باید بگوییم که انرژی آزاد شده در یک زلزله با مقیاس ٦/٣٣ ریشتر معادل بمب اتمی هیروشیما میباشد. بنابراین میتوان گفت

انرژی زلزله آسام هندوستان که در سال ۱۹۵۰ با بزرگی ۸/٦ ریشتر رخ داده معادل ۲۵۰۰ برابر بمب اتمی هیروشیما بوده است.

پیشگوئی زلزله

در گذشته پیشگوئی زلزله یکی از آرزوهای بزرگ بشر بوده است. توانائی حیوانات در درک امواج صوتی و سایر علائم زلزله که برای انسان نامحسوس است و واکنش بموقع آنها در برابر زلزله فکر امکان پیشگوئی زلزله را تقویت میکند. تحقیقات نشان میدهد که وقوع زلزله همراه با تغییراتی در پوسته زمین و تنشهای داخلی آن و بعضی از ویژگیهای فیزیکی همچون خواص مغناطیسی و مقاومت الکتریکی و نیز بهم خوردن روند فعالیتهای لرزه ای منطقه میباشد. در نتیجه این امید وجود دارد که به کمک تبیین ارتباط دقیق زلزله با این تغییرات بتوان وقوع آنرا پیش بینی کرد. پس از **زلزله نیگاتا ژاپن** در سال ۱۹٦٤، برنامه تحقیقاتی برای پیشگوئی زلزله سرعت گرفت و بعداً فعالیتهای مشترک ژاپنیها و آمریکائی ها دامنه تحقیقات را وسیعتر نمود. چین، شوروی و هند از کشورهایی هستند که در این جهت گامهائی برداشتند. مطالعات نقشه برداری در طول ساحل نزدیک به مرکز زلزله نیگاتای ژاپن نشان داد که زمین در طول زمان زیادی به کندی برآمده است و قبل از وقوع زلزله این **برآمدگی** تسریع شده و پس از وقوع زلزله فرو نشسته است.

پارامترهایی که میتوانند در پیشگوئی زلزله مفید باشند بشرح زیر است:

- بررسی تاریخچه زلزله های محل مورد نظر و کشف تاخیر احتمالی (فرض بر این است که عوامل لرزه زا بطور مداوم در حال فعالیت هستند و انرژی را در پوسته زمین انباشته میکنند. حال اگر برای مدتی زلزله رخ ندهد به مثابه یک تاخیر تلقی شده و نشانه ای برای وقوع یک زلزله قوی بشمار می آید. همانند تاخیر زلزله تهران)
- وقوع زلزله های خفیف (که ممکن است پیش لرزه باشند) و بطور کلی بروز تغییراتی در الگوی زلزله های کوچک محلی.
- تغییرات و برآمدگی های پوسته زمین.
- وجود گاز رادون در آبهای زیرزمینی.
- وجود گاز هلیوم در گازهای خروجی از گسل.
- تغییر در خواص مغناطیسی و الکتریکی زمین.
- تغییر تنش داخلی زمین.
- بالا آمدن سطح آب چاهها.
- رفتار غیرمنتظره حیوانات.

بخاطر داشته باشید که نه تنها ثبت دائمی این تغییرات در مناطق مختلف و به صورت گسترده بسیار مشکل و تقریباً غیر ممکن است بلکه هنوز رابطه مشخص و قطعی میان این تغییرات و وقوع زلزله بدست نیامده است. چه بسا مواردی که گمان میرود زلزله

ای قریب الوقوع باشد ولی اتفاق نمی افتد و یا گاهی زلزله هایی که بدون همراهی با نشانه های فوق رخ میدهند. تنها یک مورد موفق در تاریخ پیشگوئی زلزله و آن هم در کشور چین بوده است که در سال ۱۹۷۵ با زحمات مداوم و چندین ساله توانستند زلزله هایشانگ را پیشگوئی کرده و مردم را به خارج شهر هدایت کنند.

پس از آن، زلزله های مخرب فراوانی در چین، آمریکا و سایر نقاط جهان واقع شده است که علیرغم زحمات مستمر لرزه شناسان، متاسفانه حتی امکان یک پیشگوئی دقیق هم فراهم نگردیده است. البته به یاد داشته باشید که منظور از پیشگوئی، تعیین زمان نسبتاً دقیق و حدود بزرگی زلزله است وگرنه با توجه به سوابق تاریخی و نیز وجود گسلها و سایر منابع لرزه زا، محاسبه احتمال وقوع زلزله ای با بزرگی معین امکان پذیر است.

دقیقاً بهمین دلیل در نقاطی که یک تاخیر تاریخی در وقوع زلزله بوجود می آید، میتوان وقوع زلزله شدیدتری را برای آن منطقه انتظار داشت. همچنان که در خطه شمال کشورمان برای مدت زیادی زلزله اتفاق نیفتاد تا آنکه در سال ۱۳۶۹ زلزله منجیل رخ دادو یا تهران که سوابق زلزله های تاریخی ری را پشت سر دارد و با توجه به تاخیر زمانی در وقوع آنها، احتمال یک زلزله مخرب در آینده وجود دارد. از سوی دیگر برخلاف هیاهو و جنجال تبلیغاتی، پیشگوئی زلزله سود چندانی هم ندارد. مثلاً اگر بدانیم ظرف ٦ ماه آینده یک زلزله با بزرگی ۷ ریشتر در تهران می آید، آیا همه میتوانند خانه و کاشانه خویش را ترک کنند؟ در عوض میتوان با توجه به بررسی لرزه خیزی یک منطقه و مشخص شده آمار و احتمالات وقوع زلزله، ساختمانها را بر اساس نتایج بدست آمده بگونه ای

ساخت که در صورت بروز زمین لرزه، خسارات و تلفات ناشی از آن را به حداقل برسانیم.

مقاوم سازی و نقش آیین نامه ها

بعد از زلزله رودبار و منجیل استفاده از آیین نامه برای مقاوم سازی ساختمانهای کوچک مسکونی الزامی گردید. درواقع باید اظهار داشت که کلیه ساختمانهایی که بر اساس آیین نامهاحداث گردیده اند (و بخصوص در هنگام ساخت، ضوابط و اصول نقشه های تهیه شده را رعایت نموده باشند) در برابر زلزله مقاوم هستند.

این آیین نامه به نام **آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران** شناخته میشود که در آن دستورالعملها و نکات طراحی یک ساختمان برای مقاوم سازی در برابر نیروی زلزله گنجانیده شده و کلیه مهندسان در هنگام طراحی یک ساختمان موظف به رعایت آن میباشند. متاسفانه در برخی از ساختمانها بدلیل عدم رعایت نکات اجرایی در زمان ساخت و یا استفاده از نیروی اجرائی غیر ماهر، بنای ایجاد شده در برابر زلزله مقاوم نمیباشد که در این راستا لازم است علاوه بر فرهنگ سازی عمومی در بین مردم (بمنظور ضرورت ایجاد بنای مقاوم در برابر زلزله) بحث تربیت و آموزش نیروی کار ماهر را نیز جدی بگیریم.

با توجه به تحقیقات بعمل آمده در اغلب ساختمانهای کوچک مسکونی، تقریباً تا مرحله پایان طراحی همه اصول و موارد فنی رعایت میگردد. لکن در زمان اجراء بدلیل امتناع مالکین از بکارگیری مناسب مصالح در قسمت فونداسیون و یا اسکلت و یا عدم نظارت

از سوی مهندسین، باعث بروز نتایج نامطلوب و برآورده نشدن انتظارات خواهد شد. لازم بذکر است معمولاً در ساختمانها و طرحهای بزرگ و مهم (از جمله پلهای بزرگ، سدها، نیروگاهها و یا ساختمانهای بزرگ مسکونی و اداری) بدلیل اعمال نظارت و کنترلهای دقیق در مرحله طراحی و اجراء مشکلات به نسبت کمتری وجود دارد.

طبقه بندی ساختمانها براساس آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران

اهمیت ساختمانها	عکس العمل در مقابل زلزله	مثال ها
اهمیت بالا	*باید بدون هیچگونه آسیب بتواند بعد از زلزله های شدید سرویس دهی کند.*	*بیمارستانها ـ مراکز آتش نشانی مراکز اسناد دولتی ـ ایستگاههای رق، آب و گاز و مدارس و مجتمع ی بزرگ مسکونی و اداری و بطور کلی مراکز تجمع افراد*
اهمیت متوسط	*باید در مقابل زلزله های با شدت کم سالم ند و در مقابل زلزله های قوی آسیب جزئی ببیند (ولی فرو نریزد)*	*ساختمانهای کوچک مسکونی*
اهمیت پایین	*در مقابل زلزله های با شدت بالا*	*انبارها و محل دپو وسائل غیر وری مثل انبار علوفه، انبار بایگانی راکد و ...*

در عمل اگر روشهای اجرایی و توصیه های لازم برای مقاوم سازی خانه های کوچک مورد توجه قرار بگیرد، جان بسیاری از افراد در زلزله های آتی نجات خواهد یافت، زیرا

ساختمان ها در یک زلزله بسیار شدید ممکن است که ترک بخورند، ولی نباید فرو بریزند و ساکنان آن باید فرصت نجات جان خود را داشته باشند. بطور کلی هدف از مقاوم ساختن اکثر ساختمانها آن نیست که ساختمان در شدیدترین زلزله ها هیچ صدمه ای را متحمل نشوند، زیرا در این صورت ساختمان بسیار گران و غیر اقتصادی خواهد بود. بلکه هدف آن است که ابتدا از تلفات و صدمات جانی جلوگیری شود، سپس بین هزینه ی اضافی برای مقاوم کردن ساختمان در مقابل زلزله و هزینه ی احتمالی تعمیر خسارت ناشی از زلزله در طول عمر ساختمان موازنه برقرار گردد. بنابراین هدف اصلی در ساختمان های ارزان قیمت و کوچک مسکونی باید جلوگیری از فروریختن ساختمان ها باشد و در زلزله های بزرگ باید انتظار داشت که ساختمان ترک خورده و نیاز به تعمیر داشته باشد.

نکته ی مهم دیگری را که باید مد نظر داشت این است که معمولاً بعضی از ساختمان ها دارای اهمیت بیشتری نسبت به ساختمان های معمولی میباشند. مثلاً اگر یک خانه مسکونی(کوچک) در زلزله آسیب و صدمه ببیند، اثر آن فقط روی یک خانواده است. اما اگر مدرسه، بیمارستان یا یک ایستگاه برق و یا مرکز تصفیه آب فرو بریزد خسارات آن متوجه بخش زیادی از مردم خواهد بود. پس باید این نوع ساختمانها از خانه های معمولی مقاوم تر ساخته شوند.

بر همین اساس در آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ساختمانها به سه گروه با اهمیت بالا، با اهمیت متوسط و با اهمیت پایین طبقه بندی شده اند که در جدول بالا هدف از طراحی هر کدام از این گروه ها عنوان شده است.

فهرست تاریخی زلزله های سراسر جهان

زمان وقوع	مرکز وقوع	میزان تلفات	بزرگی(ریشتر)	توضیحات
۲۲ دسامبر ۸۵۶	ایران - دامغان	۲۰۰۰۰۰	-	-
۲۳ مارس ۸۹۳	ایران - اردبیل	۱۵۰۰۰۰	-	-
۹ اوت ۱۱۳۸	سوریه	۲۳۰۰۰۰	-	-
سپتامبر ۱۲۹۰	چین	۱۰۰۰۰۰	-	-
۲۳ ژانویه ۱۵۵۶	چین	۸۳۰۰۰۰	-	مرگبارترین زلزله در طول تاریخ
۱۱ ژانویه ۱۶۹۳	ایتالیا	۶۰۰۰۰	-	-
۲۸ اکتبر ۱۷۰۷	ژاپن	۳۰۰۰۰	-	سونامی حاصل از زلزله همه را غرق کرد
۱۸ نوامبر ۱۷۲۳	ایران – تبریز	۷۷۰۰۰	-	-
۱ نوامبر ۱۷۵۵	پرتغال	۷۰۰۰۰	-	زلزله و در پی آن آتش سوزی و سونامی
۱۷۸۲	چین	۴۰۰۰۰	-	سونامی
۴ فوریه ۱۷۸۳	ایتالیا	۵۰۰۰۰	-	۶ سری زلزله طی دو ماه
۱۵ ژوئن ۱۸۹۶	ژاپن – سان ریکو	۲۷۰۰۰	-	-
۱۸ آوریل ۱۹۰۶	سان فرانسیسکو	۵۰۰	-	همراه با آتش سوزی

۲۸ دسامبر ۱۹۰۸	ایتالیا	بین ۷۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰	-	زلزله و سونامی
۱۳ ژانویه ۱۹۱۵	ایتالیا	۲۹ ۹۸۰	-	-
۱۶ دسامبر ۱۹۲۰	چین	۲۰۰ ۰۰۰	۸/۶	-
۱ سپتامبر ۱۹۲۳	ژاپن	۱۴۰ ۰۰۰	۸/۳	-
۲۲ مه ۱۹۲۷	چین	۲۰۰ ۰۰۰	۸/۳	-
۲۵ دسامبر ۱۹۳۲	چین	۷۰ ۰۰۰	۷/۶	-
۱۰ مارس ۱۹۳۳	کالیفرنیا	۱۱۷	-	-
۳۰ مه ۱۹۳۵	پاکستان	بین ۳۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰	-	-
۲۴ ژانویه ۱۹۳۹	شیلی	۳۰ ۰۰۰	-	-
۱۵ اکتبر ۱۹۴۸	ترکمنستان	۱۱۰ ۰۰۰	۷/۳	-
۱۵ اوت ۱۹۵۰	هندوستان	بین ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰	-	-
۲۹ فوریه ۱۹۶۰	مراکش	بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰	-	-
۲۸ مارس ۱۹۶۴	آلاسکا	۱۱۷	۹/۲	زلزله و در پی آن سونامی
۵ ژانویه ۱۹۷۰	چین	۱۵ ۶۲۱	۷/۷	-
۳۱ مه ۱۹۷۰	پرو	۶۶ ۰۰۰	-	-
۲۲ دسامبر ۱۹۷۲	نیکاراگوئه	۶ ۰۰۰	-	-
۴ فوریه ۱۹۷۶	گواتمالا	۲۳ ۰۰۰	-	-
۲۸ جولای ۱۹۷۶	چین	۲۵۵ ۰۰۰	-	-
۱۷ اوت ۱۹۷۶	فیلیپین	۸ ۰۰۰	-	-

۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸	ایران – طبس	۲۵ ۰۰۰	–	–
۱۹ و ۲۰ سپتامبر ۱۹۸۵	مکزیک	۲۵ ۰۰۰	۸/۱	–
۷ دسامبر ۱۹۸۸	کلمبیا	۲۵ ۰۰۰	۶/۹	–
۱۷ اکتبر ۱۹۸۹	سان فرانسیسکو	۶۷	۷/۱	–
۳۱ ژوئن ۱۹۹۰	ایران – رودبار	۵۰ ۰۰۰	۷/۷	–
۲۹ سپتامبر ۱۹۹۳	هندوستان	۹ ۷۴۸	۶/۲	–
۱۷ ژانویه ۱۹۹۴	کالیفرنیا	۶۱	۶/۶	–
۱۷ ژانویه ۱۹۹۵	ژاپن	۵ ۲۰۰	۶/۹	–
۱۲ مه ۱۹۹۷	ایران – شمالشرق	۱۵۰۰	۷/۳	–
۳۰ مه ۱۹۹۸	افغانستان	۴ ۰۰۰	۶/۶	–
۲۵ ژانویه ۱۹۹۹	کلمبیا	۱ ۱۸۵	۶/۲	–
۱۷ اوت ۱۹۹۹	ترکیه	۱۷ ۰۰۰	۷/۶	–
۲۱ سپتامبر ۱۹۹۹	تایوان	۲ ۲۹۵	۷/۷	–
۱۳ ژانویه ۲۰۰۱	السالوادور	۸۵۰	۷/۷	–
۲۶ ژانویه ۲۰۰۱	هندوستان	۲۰ ۰۰۰	۷/۷	–
۲۵ مارس ۲۰۰۲	افغانستان	۱ ۰۰۰	–	–
۲۱ مه ۲۰۰۳	الجزایر	۲ ۲۶۶	–	–
۲۶ دسامبر ۲۰۰۳	ایران – بم	۲۶ ۲۰۰	۶/۶	–
۲۶ دسامبر ۲۰۰۴	اندونزی – سوماترا	۲۲۵ ۰۰۰	۹	–

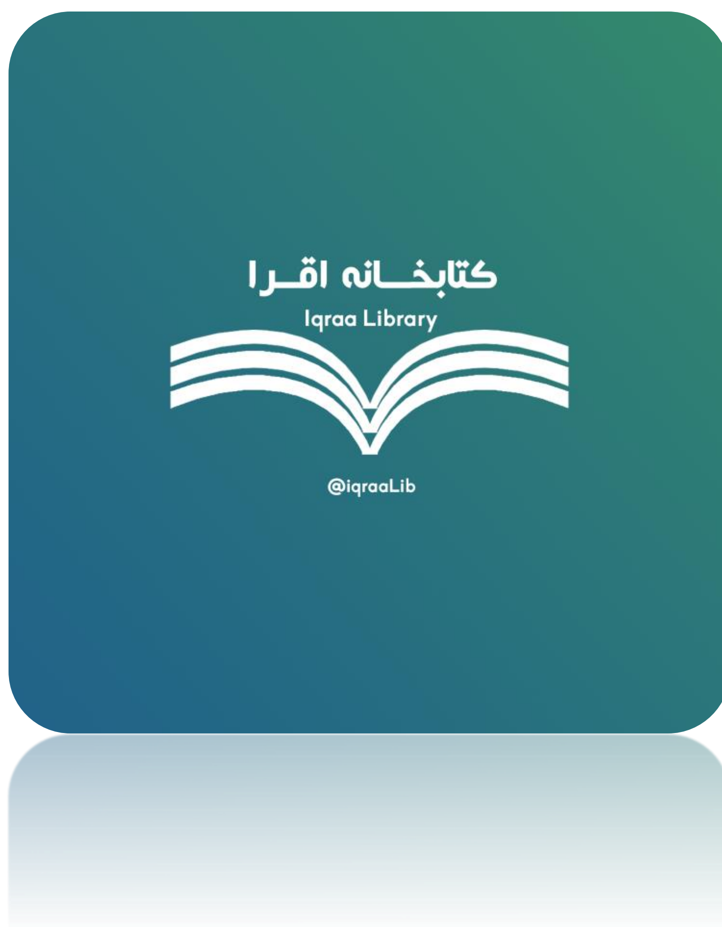
۲۲ فوریه ۲۰۰۵	ایران – زرند	۶۱۲	۶/۴	-
۲۸ مارس ۲۰۰۵	اندونزی – سوماترا	۱۳۱۳	۸/۷	-
۸ اکتبر ۲۰۰۵	پاکستان	۸۰۰۰۰	۷/۶	-

مرگبارترین سونامی ها در طول تاریخ بترتیب میزان تلفات

سال وقوع	بزرگی (ریشتر)	منطقه عمومی وقوع	میزان تلفات
۲۰۰۴	۹	اقیانوس هند	۲۲۵ ۰۰۰
۱۶۴۵ قبل از میلاد	-	یونان قدیم – کریت سانتورینی	۱۰۰ ۰۰۰
۱۷۵۵	۸/۵	پرتغال – مراکش	۶۰ ۰۰۰
۱۷۸۲	۷	جنوب دریای چین	۴۰ ۰۰۰
۱۸۸۳	-	اندونزی – کراکاتا	۳۶ ۵۰۰
۱۷۰۷	۸/۴	توکایدو – نان کایدو – ژاپن	۳۰ ۰۰۰
۱۸۹۶	۷/۶	سان ریکو – ژاپن	۲۶ ۳۶۰
۱۸۶۸	۸/۵	شمال شیلی	۲۵ ۶۷۴
۱۷۹۲	۶/۴	جزیره کیوشو – ژاپن	۱۵ ۰۳۰
۱۷۷۱	۷/۴	کانال ریوکیو - ژاپن	۱۳ ۴۸۶

منابع مورد استفاده:

کتاب اصول مهندسی زلزله تالیف دکتر حسن مقدم
کتاب اصول مهندسی زلزله تالیف دکتر خسرو برگی
آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران
و چندین سایت تخصصی اینترنت در زمینه زلزله


کتابخانه اقرا
Iqraa Library
@iqraaLib